Lane Medical Library

Aus dem Anatomisch-Biologischen Institut (Geheimrat Prof. Dr. Hertwig) und der Ersten Medizinischen Klinik (Geheimrat Prof. Dr. His) der Universität Berlin.

Die anatomischen Grundlagen für eine myogene Theorie des Herzschlags.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT
ZU BERLIN.

Von

Willy Lange
prakt. Arzt aus Prinkipo bei Konstantinopel.

Tag der Promotion: 22. März 1912.

Berlin 1912.
Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Linienstraße 158.

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Geh. Rat Prof. Dr. **His.**

Dem Andenken meiner Tante

Frau M. Schimmelpfeng

gewidmet.

Eine physiologische Theorie hat nur dann ein Recht gehört zu werden, wenn für sie anatomische Grundlagen entweder vorhanden oder zum mindesten nicht ausschließbar sind. Dieser wohl selbstverständliche Satz scheint in dem Streite über die myogene oder neurogene Theorie des Herzschlags nicht immer beachtet worden zu sein. Der Befund von Nervenfasern überall im Herzen genügt nicht, um die Wahrscheinlichkeit einer neurogenen Leitung begründet zu haben; so wenig wie die Tatsache, daß das ganze Herz aus Muskulatur besteht, zur Annahme einer muskulären Leitung berechtigt. Man muß vielmehr nachsehen, ob auch in allen Einzelheiten die physiologischen Ergebnisse mit den anatomischen in Einklang zu bringen sind. Dadurch, durch genaue Berücksichtigung der Anatomie, wird sich manches unsichere physiologische Resultat genauer bewerten, in seiner Bedeutung auf das richtige Maß einschränken lassen. Ein Beispiel: In der Hirnphysiologie war es lange Zeit ungewiß, welche von beiden Zentralwindungen als das eigentlich motorische Zentrum anzusprechen sei. Eigentümliche anatomische Struktur entspricht eigentümlicher Funktion. In diesem Falle fand sich nur in der vorderen Zentralwindung ein eigenartiger histologischer Aufbau, charakterisiert u. a. durch die Betzschen Riesenpyramiden. Es war wahrscheinlich, daß nur ihrem Gebiete die besondere Funk-

tion, die elektrische Erregbarkeit zukam was später auch bestätigt wurde. Anatomie war der Physiologie vorausgeeilt, hatte ihr Richtlinien zu genauerer Arbeit gegeben.

Die Berücksichtigung der Anatomie ist ferner das sicherste Mittel, um Analogieschlüsse in ihrer Tragweite richtig einzuschätzen. Zahlreiche Versuche zur Begründung der myogenen wie der neurogenen Theorie sind nicht am Wirbeltierherzen, sondern an ganz andern Objekten gemacht worden, mit oft nur sehr entfernt ähnlicher Funktion, ohne Rücksicht darauf, ob diese Gebilde morphologisch überhaupt verglichen werden dürfen. So wurden zur Begründung der neurogenen Theorie Versuche am Arthropodenherzen herangezogen, die den ziemlich sicheren Nachweis der nervösen Reizerzeugung und Reizleitung bei jenen Objekten erbrachten. Eine solche Sachlage hätte aber auf Grund einfacher anatomischer Überlegungen erschlossen werden können. Denn den einzelnen Abschnitten des Arthropodenherzens, deren Tätigkeit zum Teil durch ganz außerhalb des Herzens gelegene Muskelmassen bewirkt wird, fehlt ja gänzlich der innige muskulöse Zusammenhang, der für eine myogene Reizleitung Grundbedingung ist. Die morphologischen Bedingungen für gleiche Funktionen sind in der Natur sehr verschieden untereinander. Man denke daran, auf wie verschiedene Weise das Problem des Sehens in all seinen besonderen Einrichtungen gelöst ist. (Linsenkamera der Wirbeltiere — Lochkamera der Nautiliden; die verschiedenen Einstellvorrichtungen der Wirbeltieraugen.)

Die Berücksichtigung der Anatomie in dem Streite um die Physiologie des Herzens denke ich mir in dem Sinne, wie es His zuerst getan, als er durch vergleichend anatomische und entwicklungsgeschichtliche

Untersuchungen die Bedeutung besonders der Atrioventrikularverbindung als selbständiges und daher wahrscheinlich auch mit besonderer Aufgabe betrautes Gebilde im Herzen allgemein nachwies, und im besonderen im Froschherzen durch genaue Berücksichtigung des Verlaufes, der Struktur der muskulösen Verbindungen zwischen den einzelnen Herzabschnitten die widersprechenden Ergebnisse der Stanniuschen Versuche einheitlich deuten konnte. Die Weiterverfolgung der Hisschen Entdeckungen (Aschoff-Tawara, Keith und Flack) ist für die Physiologie des Herzens von größtem Nutzen gewesen. Überall erwies sich die Anatomie als ein sicherer Führer. Reizbildungsfähigkeit kam besonders den wegen ihrer Struktur dafür bezeichneten spezifischen Muskelsystemen zu (Sinus-, Aschoff-, Tawaraknoten, System der Purkinjefäden), Reizleitung folgte aufs genaueste den ihr zugewiesenen Bahnen.

Die Anatomie hatten sich nur an das Muskelgewebe gehalten. Daß ihre Befunde in diesem allein für die Physiologie von Bedeutung, war natürlich von großer Werbekraft für myogene Anschauungen und blieb es lange, bis namentlich die Untersuchungen am Limulusherzen und Überlegungen aus der allgemeinen Physiologie, Wahrscheinlichkeitsgründe von nicht größerer Überzeugungskraft wie der: sonst überall (?) ist Reizbildung und Reizleitung nur an das Nervengewebe gebunden wieder neurogene Anschauungen zur Geltung brachten. Dazu kam, daß in jüngster Zeit auch in den der Reizleitung dienenden Systemen von spezifischer Muskulatur Ganglienzellen und Nerven gefunden wurden. Unter Mißachtung aller anatomischen Überlegungen sprach man diesen nervösen Gebilden die Hauptbedeutung zu, ohne zu untersuchen, ob Lage, Verlauf und ihre Anordnung sie überhaupt

dazu befähigten. Anatomische und experimentelle Untersuchungen von His sprachen dagegen.

Entschieden ist nun der Streit um myogene oder neurogene Theorie noch immer nicht mit Sicherheit. Da ein Weg zu experimenteller Entscheidung vorläufig nicht vorhanden, schien es mir zweckmäßig, wieder die Anatomie zur Führerin zu nehmen.

Im folgenden will ich zunächst die anatomischen Grundlagen für die myogene Theorie auf Grund eigener vergleichend anatomischer, histologischer und entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen darstellen, während die nervösen Verhältnisse späterer Arbeit überlassen bleiben.

Material und Methoden.

Untersucht wurden:

a) Säugetiere: Känguruh, Pferd, Zebrastute nebst achtmonatigem Fötus, Nilpferd (neugeboren), Hausschwein, Meerschweinchen, Klippschliefer, Giraffe, Rind, Schaf, Ziege, Reh, indischer Elefant (erwachsen und vierwöchiges Tier), Kaninchen, Ratte, Maus, Fledermaus, brauner Bär, malaiischer Bär, Hunde, Katzen, Affen.
b) Vögel: Taube, Fasan, Ente, Sperling, Bergfink.
c) Reptilien: Ringelnatter, griechische Landschildkröte, Eidechsen, Alligator (jung).
d) Amphibien: Frosch und Axolotl in verschiedenen Entwicklungsstadien, Kröte, Unke.
e) Fische: Forelle (vollständige Entwicklungsreihe), Aal, Thunfisch, Sägefisch, Goldfisch, Engelrochen.

Das Material wurde auf die verschiedenste Weise fixiert und nach den für feinere Untersuchung üblichen histologischen und embryologischen Methoden weiter-

verarbeitet. Für die Erlangung dieses mannigfaltigen und z. T. seltenen Materials bin ich besonders Herrn Prof. Dr. Heck, Direktor des Zoologischen Gartens in Berlin, und Herrn Dr. O. Heinroth zu großem Danke verpflichtet.

Die Reizleitung im Herzmuskelgewebe überhaupt bringe ich in Beziehung zu der Streitfrage über den zelligen oder syncytialen Aufbau des Myokards. Denn wenn auch Engelmann eine Leitung von Zelle zu Zelle ohne Vermittlung des Nervensystems für wohl möglich hält, so scheint doch der Befund eines Syncytiums mit überall vorhandener Kontinuität der Muskelsubstanz eine bessere Grundlage für eine muskulöse Leitung.

Bekanntlich setzt sich das Herz aus Muskelfasern zusammen, die netzförmig verzweigt sind. Leeuwenhoek hatte diese Zusammensetzung entdeckt; sie wurde von Kölliker bestätigt. Längere Zeit hindurch hielt man dann die Fasern des Myokards denen der Skelettmuskulatur gleichwertig. Bis Weismann auf Grund von Isolationspräparaten an niederen Wirbeltierherzen für die Zusammensetzung dieser aus dünnen, einkernigen Zellen von Spindelform eintrat. Bei höheren Wirbeltieren sollten die Herzzellen in seitlicher und in der Längsrichtung teilweise miteinander verschmelzen, in um so höherem Maße, je älter die Tiere, und je höher sie in der Wirbeltierreihe stünden. Andere Forscher waren anderer Meinung. Über die Einzelheiten des nun einsetzenden Streites sehe ich hinweg (genauere Zusammenstellung darüber findet man bei Marceau, Heidenhain und von Ebner). Die Frage konnte erst einer einwandfreien Lösung entgegengeführt werden, nachdem die Unbrauchbarkeit der alten Isolationsmethoden erkannt war, und moderne technische Hilfsmittel unter Berücksichtigung der Ent-

wicklungsgeschichte angewendet wurden. von Ebner wies die durch den Pathologen Eberth mittels Versilberung dargestellten Zellgrenzen als Kunstprodukte nach. Heidenhain gab zuerst das richtige Schema für die plexusartige Verzweigung der Herzmuskelfasern im Menschenherzen an. Er faßte das Myokard als Syncytium auf. Zu gleichem Resultat kam für das Wirbeltierherz überhaupt Marceau. In jüngster Zeit glaubten Zimmermann und seine Schülerinnen indessen doch wieder, im Säugetierherzen Zellen, wenn auch anderer Art, als früher angenommen, dargestellt zu haben.

Die Entscheidung beim Säuger hängt ab von der Deutung der in ihm zu findenden, als Zellgrenzen oder Kittlinien bezeichneten Gebilde. Diese sind bekanntlich an Stelle der Zwischenscheibe Z auf seltsame Weise in den Längsverlauf der Fasern eingeschaltet. Es sind Platten von verschiedener Breite, und sie sollen folgende Anordnung haben. Sind sie so schmal, daß eine allein ein ganzes Bündel nicht durchschneiden kann, so unterstützen sich mehrere. Die durch eine erste nur zum Teil bewirkte Quertrennung einer Faser soll vervollständigt werden durch eine um mehrere Muskelfächer in der Längsrichtung verschobene zweite oder gar eine dritte und vierte. So kommen die zackigen, treppenförmigen Kittlinien zustande. Es fragt sich nun, ob durch diese Schaltlinien wirklich Zellen begrenzt werden. Bei einfacher Untersuchung eines Schnittes scheint dies nicht der Fall, denn sie begrenzen oft völlig kernlose Faserabschnitte. Nach Zimmermann sind diese Fragmente nur Anschnitte einer Nachbarzelle. Völlig sicher ist der Beweis für eine solche Ansicht noch nicht erbracht. Aber selbst wenn es so wäre, so ist es noch fraglich, ob die begrenzten,

verzweigten, seltsam ineinander verhakten Abschnitte wirklich Zellen sind, enthalten sie doch oft 2, 4 bis 30 und mehr Kerne. Was sollen die Kittlinien denn sonst sein? Nach Heidenhain stehen sie in Beziehung zum interkalaren Wachstum der Fasern, zur Faserspaltung usw. Letzterer Möglichkeit widerspricht eigentlich die Tatsache, daß sie gerade jungen und sich neubildenden Herzen fehlen. Französische Autoren nehmen deshalb an, es wären eine Art Zwischensehnen. Obwohl von Ebner solche nicht selbst kontraktilen Zwischensehnen für unzweckmäßige Bildungen hält, da sie eine für den Herzmuskel nicht gleichgültige Kraftvergeudung bedeuten, ist mir die Deutung als Zwischensehnen sehr wahrscheinlich. Man bedenke, bei der Kontraktion eines netzförmig verzweigten Plexus treten Kräfte auf, die das Bestreben haben, die Fasern zu spalten. Um diesen Bestrebungen entgegen zu wirken, sind als Verstärkungen der Grundmembranen die Schaltstücke angebracht. Wie dem nun auch sei, für unsere Frage ist von Wichtigkeit, daß die Kittlinien, selbst wenn sie Zellen begrenzen, sie diese nicht voneinander isolieren, denn die Fibrillen gehen ungehindert durch sie hindurch (Browice 1892, Przewoski 1897, Mac Callum, Hoche 1897, von Ebner 1900, Hoyer 1901, Marceau 1902). Besonders deutlich ist dieser ungehinderte Fibrillenübergang an solchen Präparaten, wo die Schaltstücke, was sehr häufig vorkommt, sich nicht färben lassen. Trotz sorgfältigster Untersuchung konnte ich da nirgends eine Veränderung der Fibrillen nachweisen. Imchanitzky hat zwar auf Grund ihrer Untersuchungen am flimmernden Herzen behauptet, die Schaltstücke trennen die einzelnen Faserabschnitte oder Zellen, indem sie für die Fortpflanzung der Kontraktions-

wellen ein Hindernis bilden. Tatsächlich beobachtet man häufig, daß am fixierten Präparat eine Kontraktionswelle genau mit einem Schaltstück endet. Doch macht Cohn darauf aufmerksam, daß am fixierten Präparat solch scharfes Aufhören einer Kontraktionswelle auch im Skelettmuskel häufig zu beobachten ist, daß ferner beim Herzen häufig die Kontraktionswellen über ein Schaltstück hinausgehen.

Zu gleichem Resultat wie die Histologie führt die Embryologie. Nicht nur daß, wie schon erwähnt, dem jungen Säugetierherzen die Kittlinien fehlen, findet man in allen früheren Stadien keine Andeutung von Zellen. Nur die erste Anlage des Myokards soll nach Godlewsky eine Zusammensetzung aus einzelnen verästelten Zellen zeigen, die indes bald zu einem einheitlichen Syncytium verschmelzen. Ich selbst untersuchte in ziemlich lückenloser Reihe an Schweineembryonen. Embryonen, bei denen das gesamte Myokard in der ursprünglichsten Anlage vorhanden ist, konnte ich nicht auffinden. Indessen finden sich an meinen jüngsten Embryonen (6 mm) in den Herzen Stellen, bei denen unzweifelhaft die erste Differenzierung des Muttergewebes in jüngste Herzmuskulatur statthat. Kerne sind eingebettet in Protoplasmastränge von geringerer Länge, die in dünne Ausläufer endigen. Diese stehen überall miteinander in Verbindung. Bei bloßer Berücksichtigung der gröberen Gestalt könnte man also das Gewebe wohl in zellähnliche Gebilde zerlegen; indessen läßt sich zeigen, daß das Protoplasma überall in den feinsten Verästelungen kontinuierlich miteinander in Zusammenhang steht. Besonders deutlich ist diese Tatsache daran zu erkennen, daß die feinsten Fibrillen ungehindert von Zelle zu Zelle übergehen.

In der Hauptsache bestehen so junge Herzen schon aus einer zusammenhängenden Plasmamasse, in der eine Einteilung in breit ineinander übergehende Balken und Stränge nur durch die Fibrillen angedeutet ist. Die Fibrillen sind deutlich quergestreift; bei ihrer relativen Entfernung voneinander ist die Natur der Zwischenmembranen Z schön zu studieren.

Genau so wie das Säugetierherz ist, wie Marceau nachgewiesen, im Prinzip das Myokard in der gesamten Wirbeltierreihe zusammengesetzt. Überall stellt es ein Syncytium dar, was um so leichter nachzuweisen ist, weil die Kittlinien, mit Ausnahme der Vogelherzen, bei denen sie zum ersten Male in der Entwicklungsreihe auftreten, fehlen. Marceau fand bei den niederen Wirbeltieren viele freie Endigungen in dem Plexus. Diese Behauptung kann ich nicht bestätigen und stütze mich dabei besonders auf die Befunde am Fischherzen. Dieses bot der Untersuchung einige Schwierigkeiten dar, weil die Muskulatur des Herzens eine sehr unregelmäßige Anordnung der feinsten Elementarbestandteile aufweist. Besonders bei kleinen Objekten ist es daher nicht möglich, auf einem Schnitt in dem Wirrwar der in allen Richtungen getroffenen Fasern eine richtige Vorstellung von ihrem Verhalten zu erlangen. Mir gelang dies erst, als ich die großen Herzen eines 2 m langen Thunfisches und eines Sägefisches bearbeitete. Fußend auf der bei Säugern gemachten, physiologisch verständlichen Beobachtung, daß die Muskelfäserchen in ihrer Anordnung durchaus die der gröberen, makroskopisch sichtbaren Fleischfasern und -balken nachahmen, suchte ich nach Stellen, wo die Ventrikelwand einen möglichst regelmäßigen Aufbau hatte. Besonders geeignet hierfür schienen mir Teile der gleich unter dem Perikard gelegenen

äußersten Muskelschichten, deren regelmäßige Struktur durch eine feine, makroskopisch gerade sichtbare Streifung sich verriet. Solche Stellen wurden sorgfältig orientiert eingebettet und dann möglichst genau die Fasern längstreffende Schnitte angefertigt. Solche Schnitte ähneln bei oberflächlicher Betrachtung in hohem Maße solchen durch ein Säugerherz. Die oft ziemlich breiten Plasmastränge teilen sich, geben schmälere Seitenfasern ab, die wieder in benachbarte Hauptfasern übergehen. Die Fibrillen sind an vielen Kernen entlang ohne Unterbrechung zu verfolgen. Es liegt unzweifelhaft Syncytiumbildung vor, ganz ähnlich wie sie beim Säuger nachzuweisen. Kittlinien fehlen völlig. Die von Marceau beobachteten, blind endigenden Verzweigungen sind nicht festzustellen. Das Isolationsverfahren, dem Marceau seine Beobachtungen verdankt, ist gerade für das Fischherz nicht geeignet, weil leicht neben den Querbrüchen der Fasern Längsspaltung, Zerfall in Fibrillen auftreten, wodurch spitze freie Enden vorgetäuscht werden.

Seine Struktur als Syncytium mit überall gewahrter Kontinuität der Fibrillen und des Plasmas läßt das Herz besonders geeignet erscheinen, Reize ohne Vermittlung des Nervensystems leiten zu können. Dadurch unterscheidet sich das Wirbeltierherz von allen andern mit ihm verglichenen neurogentätigen muskulösen Gebilden, z. B. auch von den Herzen der Wirbellosen. Diese Struktur des Wirbeltierherzens bedeutet mehr als nur die Möglichkeit einer muskulösen Leitung. Sie spricht vielmehr sehr gegen eine nervöse. Denn man kann sich schwer vorstellen, wie die vielen einzelnen von jeder Nervenendigung nach zwei entgegengesetzten Richtungen ungehindert fortschreitenden, vielfach

aufeinanderstoßenden Kontraktionswellen sich zu einer zweckmäßigen Zusammenziehung des Gesamtmuskels vereinigen sollen. Überdies noch so, daß diese Zusammenziehung wieder eine wellenartig fortschreitende ist.

Die Grundlagen für die muskulöse Herzleitung im Herzfleisch selbst sind also gegeben in seiner Struktur. Sind sie auch vorhanden, um die Überleitung zwischen den selbständig tätigen einzelnen Herzabschnitten in Übereinstimmung mit den Forderungen der Physiologie zu erklären? Bekanntlich werden für diese Überleitung von den Myogenikern die sogenannten spezifischen Muskelsysteme angegeben, die Venensinus mit Vorhof, Vorhöfe mit Ventrikel, Ventrikel mit Aortenbulbus verbinden. Von diesen Verbindungen muß mindestens erwiesen sein, daß sie immer vorhanden sind, daß sie ausnahmslos bei allen Wirbeltiergattungen und in jedem Falle gefunden werden. Das wurde vielfach bestritten. (Imchanitzky, Kronecker, Dogiel, Keith, Mackenzie.) Besonders war es zweifelhaft, ob eine Atrioventrikularverbindung bei Vögeln bestünde, obwohl His sie schon bei ihnen gefunden. Nachdem nun Külbs die Verhältnisse am Vogelherzen einwandfrei klargestellt, kann man sagen, daß die spezifischen Muskelverbindungen bei allen untersuchten Tieren vorhanden sind. Ich selbst fand sie an den bisher noch nicht geprüften Herzen der griechischen Landschildkröte, des Alligators, der Fledermaus, der Kegelrobbe, des Moschusochsen, des Nilpferds, des Elefanten, der sibirischen Ziege, des braunen und des malaiischen Bären, der Giraffe, des Zebras, des Klippschliefers und des Känguruhs.

Aber nicht nur stets vorhanden sind die Verbindungen; ihre Topographie stimmt auf das genaueste

mit der Lokalisation der Reizleitung zusammen. Das muskulöse anatomische Substrat für die Tatsache, daß der Reiz innerhalb des Herzens bestimmten Bahnen folgt, ist in ihnen gefunden. Am auffälligsten ist diese Übereinstimmung wohl bei den Säugern, in deren Ventrikel der Erregungsablauf ein komplizierter ist, und dem genau entsprechend das muskulöse Reizleitungssystem gebaut ist. Diese Übereinstimmung findet sich aber auch, wie aus den neueren Untersuchungen über den genaueren Verlauf der muskulösen Verbindungen hervorgeht, bei den niederen Tieren. Die Atrioventrikularverbindung z. B. ist nicht ein einfacher Übergang der Vorhofs- in die Kammermuskulatur im Gebiete der Atrioventrikulargrenze. Die Verbindung der beiden Muskulaturen erfolgt erst in der Tiefe der Ventrikel auf komplizierte Weise.

Die Vergleichung meiner zahlreichen Einzelbefunde macht es mir wahrscheinlich, daß aus der Anatomie der Reizleitungssysteme viel mehr herauszuholen ist, als bisher geschehen. Das Hissche Bündel zeigt bei niedren Wirbeltieren so wesentliche Unterschiede innerhalb der einzelnen Gattungen, eine so eigenartige Anordnung innerhalb desselben Herzens, die nicht als bloße morphologische oder entwicklungsgeschichtliche Eigentümlichkeiten gedeutet, sondern in Zusammenhang mit besonderen Funktionen gebracht werden müssen. Allerdings ist zur Feststellung solcher Befunde eine sehr sorgfältige Untersuchung mit dazu geeigneten Methoden erforderlich. Oberflächliche Untersuchung findet z. B. leicht einen muskulösen Zusammenhang zweier Abschnitte auf, der tatsächlich vielleicht nur eine zufällige innige Nachbarschaft bedeutet. Verwertbar ist indessen für die Theorie nur ein Übergang der Elementar-

bestandteile. Bekanntlich sind bei Säugern vielfach noch andere Atrioventrikularverbindungen als das Hissche Bündel gefunden, die wahrscheinlich nur solche Berührungen darstellen. Im Gegensatz dazu täuscht oberflächliche Untersuchung auch über den Grad inniger Verschmelzung. So hat z. B. de Witt versucht, eine plastische Rekonstruktion der Ausläufer des Hisschen Bündels innerhalb des Ventrikels zu geben. Solch eine Darstellung gibt aber nicht entfernt eine Vorstellung von der Menge der tatsächlich vorhandenen Ausläufer, von ihrem allmählichen, vollkommenen Übergang in das Myokard. Ich verschaffte mir darüber Auskunft an dem Herzen des Elefanten, das dafür besonders geeignet ist wegen seiner Größe und wegen der von den gewöhnlichen Myokardfasern stark abweichenden Struktur seiner Elemente. Ich machte Tangentialschnitte durch dicke Trabekel aus dem unteren Drittel des Ventrikels. Besser als auf einem senkrecht zur Oberfläche geführten Schnitt sieht man hier nebeneinander Endokard, Reizleitungsfasern und Myokard. Die Reizleitungsfasern sind in Schichten von verschiedener Struktur angeordnet, die obersten stark, die untersten wenig von der gewöhnlichen Muskulatur abweichend. Erstere sind Fasern, die erst später, letztere solche, die bald in das Myokard übergehen sollen. Der Übergang selbst läßt sich mit Sicherheit vielfach nachweisen.

Die wechselnde Form der Atrioventrikularverbindungen ist makroskopisch im Säugerherzen nachzuweisen an dem Verlauf der beiden Schenkel des Hisschen Bündels. Schon Tawara zeigte, wie beim Schaf, im Gegensatz zum Menschen, der ganze linke Schenkel als dicker falscher Sehnenfaden in den Ventrikel vorspringt, um auf kürzestem Wege

die Papillarmuskeln zu erreichen. Die weitere Aufsplitterung geschieht in mannigfacher Weise, zum Teil durch falsche Sehnenfäden. Ein ähnlicher Verlauf findet sich bei allen großen Huftieren. Am schönsten, schematischsten fand ich ihn beim Zebra. Ähnlich beim Elefanten und der Giraffe, während die Raubtiere und die kleinen Nager eine mehr flächenartige Ausbreitung zeigen wie beim Menschen. Diese Unterschiede im groben Verlauf der Schenkel sind wohl sicher in Zusammenhang zu bringen mit der verschiedenen Gestalt und dem entsprechend verschiedenen Errregungsablauf der verschiedenen Herzen. Genaueres über diesen Zusammenhang kann ich noch nicht sagen. Denn wir wissen zwar ziemlich viel über Massenverhältnisse, relative Gewichte bei den verschiedenen Tieren, aber sehr wenig über die Unterschiede in der Form des Gesamtherzens und seiner Teile. Und doch bestehen zweifellos große Unterschiede. Ich denke hierbei z. B. an das verschiedene Verhältnis zwischen rechtem und linkem Ventrikel, bei Vögeln einerseits, bei Säugern andererseits. In den verschiedenen Säugetierklassen selbst fand ich ziemliche Unterschiede in der äußeren Form, sehr verschiedene Beteiligung der Ventrikel an der Herzspitze u. a. So läßt sich das Bärenherz gar nicht mit dem Herzen des Schafes oder gar der Kegelrobbe vergleichen.

Die Größe allein ist wohl sicher auch ein Faktor, der auf die Ausbildung des Reizleitungssystems bestimmend wirkt. Durch ihn wird wohl der Unterschied erklärt in der Ausbreitung der letzten Endigungen beim Elefanten einerseits, Maus und Ratte andererseits. Die Elemente des Herzmuskels, die Muskelfasern, sind als Zellgebilde an bestimmte Größe gebunden; so kommt es zu einem Mißverhält-

nis zwischen der Berührungsfähigkeit von Reizleitungssystem einerseits, Myokardinnenfläche andererseits. Sicher ist die Ausbreitung der Endfasern bei kleinen Tieren eine viel geringere als bei größeren Herzen, wie mich die Untersuchung an Maus und Fledermaus lehrte. So erklärt sich wohl, daß His, der an kleinen Tieren arbeitete, das System der Endfasern nicht fand, während Tavara an dem günstigeren Objekt, wie bei dem ausgewachsenen Menschen und dem Schaf, es nicht übersehen konnte. Die geringe Ausbildung bei kleinen Tieren ist vielleicht auch bedingt dadurch, daß bei diesen infolge der viel günstigeren Beanspruchung die Muskulatur nicht so zweckmäßig koordiniert zu arbeiten braucht, während mit der Zunahme der Herzgröße die Bewältigung seines Blutinhaltes viel schwieriger wird und zu sparsamster Ausnutzung durch zweckmäßigen Kontraktionsablauf zwingt.

Auffälliger noch als die Unterschiede im makroskopischen Verlauf sind diejenigen in der mikroskopischen Struktur der Reizleitungssysteme. Bekanntlich weichen die spezifischen Muskelverbindungen histologisch ab von der gewöhnlichen Herzmuskulatur. Das hatten schon Gaskell, Engelmann und His gefunden. Tavara zeigte, daß bei Säugern die Endigungen innerhalb der Ventrikel aus den wegen ihrer eigentümlichen Struktur schon lange bekannten Purkinjeschen Fäden und Zellen sich zusammensetzen. Über die Definition der Purkinjeschen Zellen waren sich die Histologen nie einig. Nach den einen sollten sie nur den Huftieren eignen, nach den andern bei allen Tieren zu finden sein. Auch jetzt, wo wir wissen, daß die typischen Formen nur im Verlauf des Reizleitungssystems vorkommen, können sich die verschiedenen Untersucher nicht einigen. Solcher Streit

ist überflüssig. Eine typische Purkinje-Struktur gibt es nicht. Ich habe im Elefanten-, im Nilpferd-, im Bärenherzen Reizleitungsfasern gefunden, die noch vielmehr von der gewöhnlichen Herzmuskulatur unterschieden sind als die Purkinjefasern des Schaf- oder Pferdeherzens. Die Unterschiede sind, wie die verschiedene Ausbildung innerhalb desselben Herzens und die vergleichende Histologie lehrt, nur graduelle, nicht prinzipielle. Was ist denn das Charakteristische der Purkinjefasern? Als eigentümlich wurde für sie angegeben größere Dicke der Fasern, relativ reichlicher Protoplasmagehalt bei geringer Menge unregelmäßig verlaufender Fibrillen, Glykogengehalt, Zusammensetzung aus zellähnlichen Elementen.

Kein einziges dieser Merkmale gilt für jeden Fall. Sie wechseln innerhalb desselben Herzens in hohem Maße. Will man deshalb die Reizleitungssysteme auf Grund ihrer Struktur vergleichen, so darf man sich nicht auf wenige Fasern beschränken, sondern muß den Gesamteindruck berücksichtigen. Dieser Gesamteindruck ist nun bei den verschiedenen Tiergattungen ein sehr verschiedener. Die schönste Ausbildung fand ich beim Elefanten, dem Nilpferd und dem amerikanischen Bären. In der Arbeit von Manuilow über die Purkinjefäden im Elefantenherzen kommt die eigentümliche Mannigfaltigkeit der Fasern bei diesem Tier gar nicht zum Ausdruck. Entweder hat der Verfasser nur wenig Präparate angefertigt, oder seine Färbemethoden waren ungeeignet. Das Plasma der Purkinjefäden beim Elefanten ist meist zu Strängen angeordnet. Die Fibrillen verlaufen in der Peripherie in sehr wechselnder Menge. Manchmal sind sie hauptsächlich längs angeordnet, daneben verlaufen quer oder spiralig ziehende. Durch die Fibrillen werden die Fasern oft abgeschnürt zu kurzen

Abschnitten, die häufig nur einen oder wenige Kerne enthalten. Viel seltener als etwa beim Schaf ist die Abschnürung des Sarkoplasmas zu großen ein- oder zweikernigen Perlenzellen. Um eigentliche Zellen handelt es sich aber sicher nicht; die Grenzen werden nur durch anders verlaufende Fibrillen gebildet. Man beobachtet sehr reichliche Fibrillenübergänge zwischen den einzelnen Fasern. Ähnlich schöne Bilder findet man beim Pferd, dann folgt Kalb und Schaf. Verhältnismäßig ausgebildete Purkinjezusammensetzung zeigt das Schwein. Sehr gering, oft nur bei besonderer Aufmerksamkeit und an geeigneten Stellen nachweisbar, sind die Unterschiede zwischen Reizleitungs- und gewöhnlichen Herzmuskelfasern bei allen kleinen Säugern und bei den niederen Wirbeltieren. Der Mensch und der Hund stellen eine Zwischenstufe zwischen Huftieren und Nagern dar. Im Vogelherzen kommen zwar vereinzelt, wie Külbs gezeigt hat, innerhalb der Ventrikel deutliche Purkinje-Strukturen vor; doch besteht die Hauptmasse der Reizleitungssysteme aus gewöhnlicher Muskulatur.

Sollen diese auffälligen Unterschiede nicht irgendeine physiologische Bedeutung haben? Seltsamerweise hat diese Frage nach Feststellung der Tatsache, daß die Purkinjefäden nur im Reizleitungssystem vorkommen, keinen Forscher interessiert, während sie früher von den vergleichenden Histologen vielfach gestellt wurde. Da man fälschlich annahm, die typischen Purkinjefäden eigneten hauptsächlich den Huftieren, begnügten sich viele mit der Annahme, es wäre eben eine zufällige morphologische Eigentümlichkeit dieser Tiere. Nur Marceau war es aufgefallen, daß unter den Huftieren die großen, z. B. das Pferd, ganz besonders schöne und zahlreiche Purkinjefasern aufweisen. Dies schien ihm, der noch

nichts von Reizleitungssystemen wußte, eine Stütze für die von Reichert zuerst gemachte Annahme, das System der Purkinjefäden hätte die physiologische Bedeutung eines M. tensor endocardii; denn die großen Huftiere und besonders das Pferd besäßen ein sehr viel dickeres Endokard als die kleinen, das dementsprechend schwerer zu spannen ist. Die Purkinjeschen Fäden sind nun, wie schon erwähnt, sicher keine Eigentümlichkeit des Ungulatenherzens. Ich fand sie eben so schön beim Raubtier, besonders beim amerikanischen Bären; andererseits sind sie beim Schwein und Meerschweinchen viel weniger ausgebildet. Viel richtiger ist die Behauptung Marceaus, daß die Größe des Herzens von Bedeutung ist. Was läßt sich denn auf Grund unserer neuen Kenntnis von der Beziehung der Purkinje-Struktur zur Reizleitung angeben, um die verschiedene Ausbildung zu erklären? Die Fähigkeit, den Reiz überhaupt leiten zu können, verlangt nicht die eigentümliche Struktur; denn leiten überhaupt soll ja vom Standpunkt der Myogeniker die gewöhnliche Muskulatur auch. Aber anders leiten die Systemfasern, und zwar sollen sie langsamer leiten. Der Reiz wird durch die Fasern blockiert. Ist es nicht naheliegend, anzunehmen, die seltsame Struktur hänge mit der Blockierungsfähigkeit zusammen? Verwertbare experimentelle Untersuchungen über den Grad der Blockierung des Reizes in den verschiedenen Herzen gibt es nicht. Ich selbst konnte leider auch keine anstellen. Wahrscheinlich ist in großen Herzen die Reizleitung langsamer als in kleinen. Denn mit der Größe der Herzen nimmt bekanntlich die Pulszahl ab. Man erklärt dies damit, daß in großen Herzen das Verhältnis des Querschnitts der Aorta zum Blutinhalt ein viel ungünstigeres ist, so daß der Abfluß ein viel langsamerer sein muß. Je langsamer aber

das Herz schlägt, um so größer ist auch die Pause zwischen Vorhofs- und Ventrikelsystole, d. h. die Zeit, während welcher der Reiz vom Vorhof zur Kammer übergeht. Bei der großen Geschwindigkeit, die an sich die Fortpflanzung der Erregung im Herzen besitzt, spielt die mit Zunahme der Herzgröße auch wachsende Länge des Reizleitungssystems keine Rolle. Die notwendige größere Blockierungsfähigkeit findet ihren anatomischen Ausdruck in ausgebildeterer Purkinje-Struktur. Die Befunde am Vogelherzen sprechen sehr dafür, daß die absolute Reizverlangsamung in Zusammenhang zu bringen ist mit ausgeprägter Purkinjebildung. Vögel haben bekanntlich den schnellsten Puls, somit die kürzeste Pause zwischen den Kontraktionen der einzelnen Herzabschnitte. In der Hauptmasse weichen, wie die Külbsschen Versuche zeigen, die Elemente der Reizleitungssysteme dort am geringsten von denen des gewöhnlichen Myokards ab.

Indessen kommt es andererseits bei der Vergleichung der verschiedenen Reizleitungssysteme vielleicht nicht auf die absoluten Unterschiede in der Blockierung an, sondern auf relative. So pflanzt sich die Erregung in der Kaltblüterherzmuskulatur viel langsamer fort als beim Säugetier. Infolgedessen genügt eine relativ geringe Hemmungsfähigkeit der Reizleitungsfasern, namentlich bei der relativ großen Länge der spezifischen Verbindungen, um die zum zweckmäßigen Zusammenarbeiten nötigen Pausen zwischen der Tätigkeit der einzelnen Herzabschnitte zu bewirken. Als anatomischen Ausdruck der relativ geringen Verlangsamungsfähigkeit finden wir bei den Kaltblütern auch relativ geringe Unterschiede zwischen Reizleitungs- und gewöhnlichen Herzmuskelfasern.

Es wäre sicher von Bedeutung, nachzuprüfen, ob der von mir angenommene Zusammenhang zwischen histologischer Struktur und physiologischer Funktion wirklich besteht.

All diese Überlegungen müssen für diejenigen sinnlos erscheinen, die die eigentümliche Struktur der Reizleitungsfasern ganz anders deuten wollen. So stützen sich viele auf die alte Auffassung, daß die Purkinjeschen Fäden embryonale Rückbleibsel aus der Entwicklung des Herzens sind. Es ist seltsam, warum dann der Verlauf dieser Gebilde so genau mit der physiologischen Lokalisation der Reizleitung übereinstimmt. Man könnte sich höchstens vorstellen, die muskulösen Verbindungen zwischen den einzelnen Herzabschnitten sind der Leitweg für die nervösen Gebilde gewesen. Hatte doch His gezeigt, daß die Anordnung der von außen in das Herz einwandernden Ganglienzellenhaufen den Eindruck macht, als ob gewisse Teile des Herzens der Wanderung größeren Widerstand entgegensetzten als andere.

Nun sind aber die Purkinjeschen Fasern gar nicht embryonale Bildungen, denn sie unterscheiden sich durch Größe und Form durchaus von embryonalen Herzmuskelzellen. Häufiger Glykogengehalt, der ja übrigens gerade einem Teil der ausgebildeten Reizleitungsfasern oft fehlt, und größerer Sarkoplasmagehalt allein können sie dazu nicht stempeln. Übrigens hatte schon Schmaltz gefunden, daß in ganz jungen Embryonenherzen die Purkinjeschen Fasern schon deutlich als von der gewöhnlichen Muskulatur durch Lage und Form abweichende Bildungen angelegt sind. Schmaltz arbeitete mit der Isolationsmethode. An sorgfältig fixiertem Material und bei Anwendung der Heidenhainschen Fibrillenfärbung konnte ich diese Feststellung viel leichter machen und in 12 cm langen Schaf-

embryonen sehr schön ausgebildete Purkinjefasern nachweisen.

Aber auch der Gesamtaufbau der Atrioventrikularverbindung z. B. spricht gegen die Annahme, daß sie lediglich ein Rest des ursprünglichen Atrioventrikulartrichters ist. Sicher ist das Hissche System vergleichend anatomisch zwar aus dem Ohrkanal abzuleiten, ist jedoch bei den Säugern zu einer selbständigen Bildung geworden, die auch frühzeitig als solche angelegt wird. Verschiedentlich fand ich, daß bei Embryonen schon der makroskopische Verlauf der Schenkel des Hisschen Bündels genau demjenigen beim erwachsenen Tier gleicht. Besonders auffällig war diese Übereinstimmung in dem linken Schenkel bei einem achtmonatigen Zebrafötus und seiner Mutter, obwohl im übrigen, z. B. in der Ausbildung der Trabekel, Unterschiede bestanden.

Eine andere Deutung für die seltsame Struktur der Elemente der spezifischen Muskelverbindungen, wonach diese auch nicht der Reizleitung im Sinne der myogenen Theorie dienen, haben neuerdings Keith und Mackenzie gegeben. Sie gehen bei ihren Überlegungen von den Befunden im Säugerherzen aus, in dem bekanntlich die der eigentlichen Überleitung zwischen den verschiedenen Herzabschnitten dienenden muskulösen Verbindungen hervorgehen aus einer größerern Ansammlung von spezifischer Muskulatur, den sogenannten Knoten (Sinus oder Keith und Flackscher Knoten an der Grenze zwischen Vorhof und oberer Hohlvene, Aschoff-Tawaraknoten im Vorhofseptum). In diesen Knoten sind zahlreiche Ganglienzellen zu finden, auch werden sie reichlich von Nerven versorgt und durchsetzt. Vom Aschoff-Tawaraknoten aus gelangen mit dem Hisschen Bündel Ganglienzellen und Nerven in die Ventrikel, wo sie sich zu-

sammen mit dem System der Purkinjeschen Fäden ausbreiten. Es lag nahe, anzunehmen, daß an diesen Stellen inniger Berührung von Nerven mit dem muskulösen Reizleitungsapparat der Ort zu suchen sei, wo die Beeinflussung der Herztätigkeit durch von außen kommende Nerven im Pulse stattfindet. Untersuchungen von Flack beweisen die Richtigkeit solcher Annahme. Keith und Mackenzie meinen nun, es handelte sich bei diesen Knoten um mehr als nur nahe Berührung und Vermischung von Reizleitungsmuskulatur mit nervösen Elementen, sondern es bestünden die Knoten aus einem neuromuskulären Gewebe, das einen Übergang zwischen Muskel- und Nervengewebe darstellt, in dem ein direkter Übergang von Nervensubstanz in Muskelsubstanz stattfand. Die nach dem Purkinjeschen Typus gebauten Muskelelemente halten sie für den Sherringtonschen Muskelspindeln ähnliche Gebilde; sie sollen wie diese Muskel- und Sehnenspindeln für Druckschwankungen, nämlich für Blutdruckschwankungen innerhalb des Gefäßsystems, empfindlich sein. Hierfür spräche auch die Lage der Knoten in unmittelbarer Nähe der großen Ostien und der Purkinjeschen Fasern gleich unterhalb des Endokards. In ihrer Gesamtmasse sollen die Purkinjefasern und besonders die Knoten Koordinationszentren im Sinne der Volkmannschen Lehre von der Koordination der Skelettmuskeln sein. Für die Natur der Purkinjeschen Fasern als nervöser Endapparate sprechen nach Keith und Mackenzie ihre undeutliche, oft fehlende Querstreifung und mangelhafte Myosinreaktion des Plasmas bei van Gieson-Färbung. Den direkten Übergang, die allmähliche Umwandlung von Nervenfasern in Muskelfasern, zeigt eine Abbildung von Mackenzie aus dem Herzen des Ameisenigels (Echidna). Eine Nervenfaser schwillt

ziemlich rasch an zur Breite eines Muskelprimitivbündels, und ihre Substanz wird quergestreift. Mackenzie stützt die Lehre von der Koordination weiter durch die Befunde beim Taubenherzen. Dort konnte er überhaupt keine spezifischen Muskelverbindungen finden. An Stelle der Atrioventrikularverbindung sah er nur spärliche Muskelbrücken zwischen Vorhof und Kammer, die aber durchaus nicht in ihrer Struktur von der des übrigen Myokards abwichen, die deshalb seiner Meinung nach auch nicht mit den Reizleitungsfasern der übrigen Tiere verglichen werden können. Auch keine Knoten neuromuskulären Gewebes fand er. Doch statt dieser in der Nähe der Aorten- und Pulmonaliswurzel eigentümliche, nicht näher beschriebene Gebilde, die durch ihre Färbung und ihre Versorgung mit Nerven deutlich als nervöse Endapparate sich kennzeichneten.

Die Anschauungen Keiths und Mackenzies über die Bedeutung der spezifischen Muskelsysteme haben wohl sehr wenig Berechtigung, denn die zum Beweis ihrer Richtigkeit angeführten Beobachtungen sind teils ungenau oder geradezu falsch, teils werden sie falsch verwertet.

So ist der Einwand, daß die spezifischen Muskelsysteme nicht der Reizleitung dienen können, weil sie ja, z. B. beim Vogel, gar nicht immer vorhanden sind, hinfällig geworden durch die Untersuchung von Külbs, der eine ausgedehnte Atrioventrikularverbindung bei Huhn und Taube festgestellt hat. Für die Tatsache, daß bei den Vögeln diese Verbindung aus gewöhnlicher Muskulatur besteht, habe ich oben eine Erklärung gegeben. Inzwischen hat auch Flack gezeigt, daß in den Külbsschen Verbindungen auch der Ort der Überleitung tatsächlich zu suchen ist.

Keith und Mackenzie überschätzen die Bedeutung der Knoten, die ja nur Teile der spezifischen Muskelverbindungen und nur den Säugern eigentümlich sind. Es besteht gar kein Grund zu der Annahme, daß die purkinjeähnlichen Elemente der Reizleitungssysteme den Sherringtonschen Muskelspindeln gleichzustellen sind. Zwar sind Untersuchungen mittels spezifischer Nervenfärbungen in dieser Richtung noch nicht angestellt worden, doch sprechen die bisher mit solchen Methoden gemachten Befunde über die nervöse Versorgung des Atrioventrikularsystems durchaus gegen eine solche Annahme. Nirgends fand man die Nerven in die Purkinjeschen Fasern eindringen, um in ihnen, wie es bei den verschiedenen Arten von Muskelspindeln der Fall ist, mit Endverästelungen aufzuhören. Die von Mackenzie gegebene, schon erwähnte Darstellung von der direkten Umwandlung von Nervenfaser in Muskelfaser wird wohl kein Histologe ernst nehmen.

Es ist auch nicht der Fall, daß die Purkinjeschen Fasern schlechte Querstreifung zeigen. Zwar in ihrer ganzen Breite sind die Fasern, besonders bei unregelmäßigem Fibrillenverlauf, oft nicht gleichmäßig quergestreift. Bei Anwendung der gewöhnlichen pathologisch-anatomischen Färbemethodon, die Keith und Mackenzie bei ihren Untersuchungen anscheinend allein angewendet haben, wird schlechte Querstreifung auch oft vorgetäuscht, wenn die Fibrillen sehr spärlich sind oder sich im Kontraktionszustande befinden. Tatsächlich sind die Fibrillen bei Heidenhainfärbung genau so zusammengesetzt aus isotroper und anisotroper Substanz wie die Fibrillen der gewöhnlichen Herz- und Skelettmuskulatur. Das Sarkoplasma gibt bei zweckmäßiger Fixation und bei Anwendung dünner Schnitte ausgesprochene Myosinreaktion; bei dicken Schnitten kommt sie infolge der starken Rotfärbung

des die Fasern so reichlich umgebenden Bindegewebes nicht zur Geltung. Wie Arnold gezeigt hat, erstreckt sich die Übereinstimmung in der Struktur von gewöhnlichen Herzmuskelfasern auch im einzelnen auf die Anordnung der verschiedenen Plasmosomen und der Glykogengranula. Ich selbst habe auch alle Veränderungen, die als Kontraktionserscheinungen an den gewöhnlichen Fibrillen auftreten, in den Fibrillen der Reizleitungsfasern nachweisen können.

Was Mackenzie unter den aus angeblicher glatter Muskulatur bestehenden Knoten der Fische versteht, ist mir nicht klar geworden. Einen Knoten, d. h. eine besondere Ansammlung von spezifischer Muskulatur als Ausgangsort für eine Muskelverbindung, gibt es bei den Fischen nicht, genau so wie es bei ihnen kein strangförmiges Hissches Bündel gibt. Eine muskulöse Verbindung zwischen Venensinus und Vorhof, Vorhof und Kammer besteht aber sicher. Die Elemente dieser Verbindungen sind deutlich quergestreift.

Die Knoten sind wahrscheinlich Stellen mit besonders großer Reizbildungsfähigkeit. Sie stellen Zentren mit erhöhter Automatie dar. Erst bei den Säugern weist die Physiologie solche ganz umschriebenen Zentren nach. Erst bei den Säugern finden wir dementsprechend größere Anhäufungen von spezifischer Muskulatur in Gestalt der Knoten. Bei den Vögeln fehlt ein Sinus- und ein Atrioventrikularknoten, dementsprechend läßt sich auch keine Stelle besonderer Reizbildungsfähigkeit physiologisch nachweisen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Kaltblütern, bei denen z. B. nicht eine Stelle des Sinus, sondern der ganze Sinus, nicht eine Stelle an der Vorhof-Kammergrenze, sondern der ganze Atrioventrikularring besonders leicht automatisch tätig sein kann. Die genauere Untersuchung der Knoten gäbe vielleicht die Mög-

lichkeit, das anatomische Substrat für die Reizbildungsfähigkeit zu finden. Sucht man im Sinne der myogenen Theorie diese Fähigkeit in der Muskulatur, so muß einem der Unterschied in der Anordnung und in der Struktur der muskulösen Elemente der Knoten auffallen im Gegensatz zum Bau der der eigentlichen Reizleitung dienenden Teile der spezifischen Muskelverbindungen. Schon Tawara hatte solche Unterschiede gefunden. Nach ihm sollen die Fasern der Knoten relativ viel schmaler sein. Nagayo hatte ferner auf den Unterschied im Glykogengehalt des Vorhofs- und Kammerteils des Reizleitungssystems aufmerksam gemacht.

Daß nicht den innerhalb der Knoten auch reichlich gelegenen Ganglienzellen die hohe Automatie zugesprochen werden muß, macht schon die vergleichende Anatomie wahrscheinlich. Dort, wo die Knoten fehlen (Kaltblüter, Vögel), sind trotzdem an entsprechenden Stellen die großen Ganglienhaufen zu finden, ohne daß diesen Stellen erhöhte Automatie zukäme. Hier wäre der Ort, wo experimentelle Arbeit, gestützt auf genaue Kenntnis einerseits der muskulösen, andererseits der nervösen Verhältnisse, entscheidende Ergebnisse im Sinne der myogenen oder neurogenen Theorie erzielen könnte. Nach meinen Untersuchungen scheint es mir, daß bei den Knoten die Ganglienzellen und Nerven in der Hauptmasse oft deutlich von der Muskulatur zu trennen sind. Die Ganglien und Nerven liegen ganz zugänglich dem Muskelgewebe auf.

Meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Geheimrat Prof. Dr. O. Hertwig und Herrn Geheimrat Prof. Dr. W. His, spreche ich meinen herzlichsten Dank aus für das freundliche Interesse und die Unterstützung, die sie meiner Arbeit zuteil werden ließen. Desgleichen bin ich Herrn Prof. Dr. Poll zu großem Danke verpflichtet.

Literatur.

Arnold, S., Über feinere Strukturen und die Anordnung des Glykogens in den Muskelfaserarten des Warmblüterherzens. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Math.-naturw. Kl., 1909.

Cohn, E., Zur Frage der Kittlinien der Herzmuskulatur. Verhandlungen der Deutschen Patholog. Gesellsch., 13. Tagung, 1909.

Curran, E. J., The Anatomical Record 1909.

v. Ebner, V., Über die Kittlinien der Herzmuskelfasern. Sitzungsberichte der Kgl. Akademie in Wien, Bd. 109, Naturw.-math. Kl., Abt. 3.

Eberth, C., Elemente der quergestreiften Muskeln. Virchows Archiv, Bd. 37, Berlin 1866.

Flack, M., La fonction du nœud sino-auriculaire des mammifères est turtout cardioregulatrice. Archiv. intern. de Physiologie XI, p. 127.

Gaskell, On the innervation of the heart, with especial reference to the heart of the tortoise. Journ. of physiology 1883.

Godlewski, E., jun., Über die Entwicklung des quergestreiften muskulösen Gewebes. Archiv für mikroskopische Anatomie 1902, Bd. 60.

Heidenhain, M., Struktur des menschlichen Herzmuskels. Anat. Anz., XXX. Bd., 1901.

Hering, H. E., Über die Erregungsleitung zwischen Vorkammer und Kammer des Säugetierherzens. Pflügers Archiv 167, 1905.

Hering, H. E., Über den Beginn der Papillarmuskelaktion und seine Beziehung zum Atrioventrikularbündel. Pflügers Archiv, Bd. 126, 1907.

His, W., jun., Die Entwicklung des Herznervensystems bei Wirbeltieren. Physikal. Klasse der Kgl. Sächs. Akad. der Wissenschaften XVIII.

His, W., jun., Über die Tätigkeit des embryonalen Herzens und deren Bedeutung für die Lehre von der Herzbewegung beim Erwachsenen.

Hoche, Recherches sur la structure des fibres musculaires cardiaques. Bibliograph. anatomique 1897.

Hoyer, E., Über die Kontinuität der Fibrillen in den Herzmuskelzellen. Anzeig. der Akademie der Wissensch., Krakau 1901.

Imchanitzky, M., Quelles sont les voies que suit dans le cœur l'excitation motrice? Archives internation. de Physiolog., Liège 1906, Tome IV.

Keith, A., and M. Flack, The form and nature of the muscular connections between the primary divisions of the vertebrate heart. Journ. of anatomy and physiology, Vol. 41, April 1907.

Keith, A., and I. Mackenzie, The Lancet 1909.

Köllicker, Handbuch der Gewebelehre, 1. Auflage.

Mackenzie, Joy, Verhandlungen der Deutschen Patholog. Gesellsch., Bd. 14, Jena 1910.

Manuilow, N., Purkinjesche Fäden im Endokardium eines Elefantenherzens. Anat. Anz. 1911, Bd. 40, H. 2—3.

Marceau, F., Recherches sur la structure et le developpement comparées des fibres cardiaques dans la série de vertébrés. Annales des sciences naturelles, Série 8, Zoolog., Tome 19, 1903.

Nagayo, Über den Glykogengehalt des Reizleitungssystems des Säugetierherzens. Verhandlungen der Deutschen Patholog. Gesellsch. XII, 1908.

Schmaltz, Die Purkinjeschen Fäden im Herzen der Haussäugetiere. Archiv für wissenschaftliche und praktische Tierheilkunde, Bd. 12, 1886.

Stanleykent, F., Researches on the structures and functions of the mammalian heart. Journ. of physiology 1893, Vol. 14.

Tawara, Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens. Fischer, Jena 1908.

Weismann, Über die Muskulatur des Herzens beim Menschen und in der Tierreihe. Müllers Archiv 1861.

Zimmermann, K. W., Archiv für mikroskopische Anatomie 1910.

Lebenslauf.

Am 19. Mai 1885 wurde ich, Willi Lange, evangelischer Konfession, als Sohn des Königlich Preußischen Musikdirektors Paul Lange in Prinkipo bei Konstantinopel geboren. Meine erste Schulausbildung erhielt ich auf der deutschen Realschule zu Konstantinopel; ich setzte sie fort auf der Luisenstädtischen Oberrealschule zu Berlin, die ich Herbst 1904 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Michaelis 1904 wurde ich in die Philosophische Fakultät der Universität Berlin eingeschrieben und hörte hier medizinische Vorlesungen. Im Mai 1907 wurde ich in die medizinische Fakultät übergeschrieben und bestand, nachdem ich mich am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin einer Prüfung im Lateinischen unterzogen, die ärztliche Vorprüfung im Juli 1908, die ärztliche Staatsprüfung am 28. Februar 1911 in Berlin. Das praktische Jahr absolvierte ich an der Poliklinik für Innere Krankheiten der Ersten Medizinischen Universitätsklinik in Berlin.

Allen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich meinen ergebensten Dank aus.